

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
30. Juni 2016 (30.06.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/101986 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01J 3/02 (2006.01) G01J 3/32 (2006.01)
G01J 3/18 (2006.01) G01J 3/08 (2006.01)
G01J 3/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/079059

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Dezember 2014 (22.12.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: SPECTRO ANALYTICAL
INSTRUMENTS GMBH [DE/DE]; Boschstraße 10,
47533 Kleve (DE).

(72) Erfinder: BOHLE, Wolfram; c/o SPECTRO Analytical
Instruments GmbH, Boschstraße 10, 47533 Kleve (DE).

(74) Anwalt: LENZING GERBER STUTE
PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT VON
PATENTANWÄLTEN; Bahnstraße 9, 40212 Düsseldorf
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

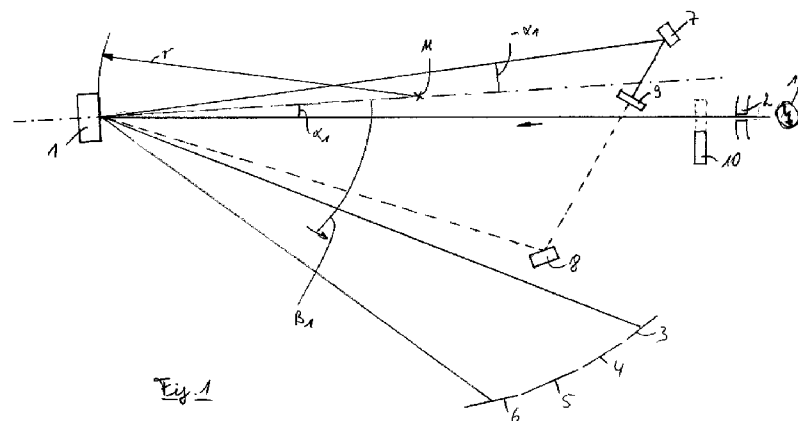
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: GRID SPECTROMETER HAVING A SWITCHABLE LIGHT PATH

(54) Bezeichnung : GITTERSPEKTROMETER MIT UMSCHALTbareM LICHTWEG



(57) Abstract: The invention relates to an improved spectrometer for the optical emission spectrometry having a radiation-emitting source (11), an entrance slit (2), a grid (1), a long-pass filter (10), and detectors (3, 4, 5, 6), wherein during operation, the radiation falls from the entrance slit (2) at a first angle of incidence (α_1) against the grid normal (N) onto the grid (1). The spectrometer is characterized in that a first mirror is provided at a point, on which the radiation reflected in zero-order on the grid falls onto the first mirror; a second mirror is provided at a point, where the radiation reflected in zero-order on the grid falls from the first mirror onto the second mirror. The second mirror is aligned such that the radiation reflected on the second mirror falls onto the grid at a second angle of incidence (α_2). At least one aperture (9) is provided that can be switched into the optical path between the grid, the first mirror, the second mirror, and the grid for selectively interrupting said pathway. Controlling means are provided that control the spectrometer such that either the aperture or the filter is switched on.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/101986 A1



Die Erfindung betrifft ein verbessertes Spektrometer für die optische Emissionsspektrometrie mit einer Strahlung aussendenden Quelle (11), einem Eintrittsspalt (2), einem Gitter (1), einem Langpassfilter (10), und Detektoren (3, 4, 5, 6), wobei im Betrieb die Strahlung von dem Eintrittsspalt (2) unter einem ersten Einfallswinkel (α_1) gegen die Gitternormale (N) auf das Gitter (1) fällt. Das Spektrometer ist dadurch gekennzeichnet, dass - ein erster Spiegel an einer Stelle vorgesehen ist, an der die in nullter Ordnung an dem Gitter reflektierte Strahlung auf den ersten Spiegel fällt, - ein zweiter Spiegel an einer Stelle vorgesehen ist, an der die in nullter Ordnung an dem Gitter reflektierte Strahlung von dem ersten Spiegel auf den zweiten Spiegel fällt, wobei der zweite Spiegel so ausgerichtet ist, dass die an dem zweiten Spiegel reflektierte Strahlung unter einem zweiten Einfallswinkel (α_2) auf das Gitter fällt, - wenigstens eine Blende (9) vorgesehen ist, die in den optischen Pfad zwischen dem Gitter, dem ersten Spiegel, dem zweiten Spiegel und dem Gitter zur wahlweisen Unterbrechung dieses Pfades einschaltbar ist, und dass - Mitteln zum Steuern vorgesehen sind, die das Spektrometer steuern, sodass entweder die Blende oder das Filter eingeschaltet sind.

Gitterspektrometer mit umschaltbarem Lichtweg

Die vorliegende Erfindung betrifft ein optisches Spektrometer nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Die optische Emissionsspektrometrie (OES) verwendet Gitterspektrometer zur Bestimmung von Elementgehalten in einer Probe anhand einer Analyse der Strahlungsemission angeregter Atome. Dabei müssen große Spektralbereiche simultan gemessen werden – ausgehend vom tiefen UV bis ins nahe IR.

Aufgrund der enormen Liniendichten und Komplexitäten der Atomemissionsspektren ist neben einer großen Bandbreite zusätzlich ein hohes spektrales Auflösungsvermögen erforderlich, um die Überlagerung benachbarter Fremmlinien zu verhindern. Dies trifft im Besonderen auf die OES-Analyse von Metallen zu.

Ein Beugungsgitter bewirkt eine Dispersion des Spektrums gemäß den Gleichungen:

$$\lambda \cdot N = d \cdot [\sin\alpha + \sin\beta] \quad (\text{Gl.1})$$

$$\Delta\beta/\Delta\lambda = N/[d \cdot \cos\beta], \text{ für kleine } \Delta\lambda \quad (\text{Gl.2})$$

$$\lambda_G := d/N \cdot [\sin\alpha + 1] \quad (\text{Gl.3})$$

mit λ = Wellenlänge, N = Beugungsordnung, d = Abstand der Gitterfurchen, α = Einfallswinkel, β = Beugungswinkel und λ_G = Grenzwellenlänge.

Die Winkeldispersion $\Delta\beta/\Delta\lambda$ (Gl.2) gibt die Differenz des Beugungswinkels $\Delta\beta$ für zwei Wellenlängen an, die sich um den kleinen Betrag $\Delta\lambda$ unterscheiden. Das spektrale Auflösungsvermögen des Spektrometers wird ganz wesentlich von der Winkeldispersion des Beugungsgitters bestimmt.

Die Grenzwellenlänge λ_G kennzeichnet die Wellenlänge, für die der Beugungswinkel 90° erreicht (Gl.3). Größere Wellenlängen als λ_G werden an diesem Gitter nicht mehr gebeugt. Die Grenzwellenlänge muss also oberhalb der längsten Wellenlänge des darzustellenden Spektrums liegen. Gl.3 besagt, dass für die Beugung langer Wellenlängen der Abstand der Gitterfurchen d groß und die Beugungsordnung N niedrig gewählt werden müssen. Für eine hohe Winkeldispersion ist jedoch genau das umgekehrte Vorgehen notwendig. Nach Gl.2 wird eine hohe Winkeldispersion durch einen kleinen Furchenabstand oder eine hohe Beugungsordnung erzielt.

Die größte zu messende Wellenlänge bestimmt den Furchenabstand des Gitters und legt damit auch die Winkeldispersion fest. Die Forderungen nach großer spektraler Abdeckung und hoher Winkeldispersion lassen sich daher nicht gleichzeitig realisieren.

Nach dem Stand der Technik werden zur Lösung des Konflikts zwei Wege beschritten. Der erste Weg besteht darin, verschiedene Beugungsordnungen eines Beugungsgitters gleichzeitig zu verwenden. Teile des Spektrums mit höherer Anforderung an die Winkeldispersion werden in höherer Beugungsordnung gemessen. Hierbei tritt das Problem auf, dass z.B. unter dem Beugungswinkel der Wellenlänge λ in zweiter Beugungsordnung gleichzeitig die Wellenlänge 2λ in erster Beugungsordnung erscheint. Es müssen daher Maßnahmen getroffen werden, um die sich überlagernden Beugungsordnungen getrennt zu detektieren. Diesen Ansatz verfolgen Echelle-Spektrometer. Hier werden viele, sich überlagernde Beugungsordnungen räumlich getrennt auf einen zweidimensionalen Arraydetektor abgebildet.

Es hat sich herausgestellt, dass Echelle-Systeme aufgrund von Übersprecheffekten, welche die analytische Leistungsfähigkeit herabsetzen, weniger geeignet sind für die OES von Metallen.

Der zweite Lösungsweg besteht darin, mehrere Spektrometereinheiten gleichzeitig in einem Gerät zu vereinen, wobei die jeweiligen Beugungsgitter unterschiedliche Furchenabstände besitzen. Auf diese Weise lassen sich ausgewählte Teile des Spektrums mit höherer Winkeldispersion darstellen als das Hauptspektrum. Die Verwendung mehrerer simultan messender Spektrometereinheiten in einem Gerät bringt jedoch Nachteile mit sich. Alle Einheiten müssen optisch in gleicher Weise an die Strahlungsquelle angekoppelt werden. Außerdem sind Konstruktionsaufwand und Materialeinsatz deutlich erhöht, wodurch hohe Kosten entstehen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine kostengünstige und kompakte Anordnung eines optischen Spektrometers anzugeben, die einen breiten, ausgedehnten Wellenlängenbereich aufspaltet, wobei die Winkeldispersion möglichst hoch ist. Diese Aufgabe wird von einem optischen Spektrometer mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Bei einem Spektrometer für die optische Emissionsspektrometrie verläuft der Strahlengang der von einer Quelle im Wellenlängenbereich UV bis IR ausgesendeten Strahlung über einen Eintrittsspalt und ein Gitter zu Detektoren, wobei im Betrieb die Strahlung von dem Eintrittsspalt unter einem ersten Einfallswinkel gegen eine Gitternormale auf das Gitter fällt. Weil dabei zusätzlich ein erster Spiegel an einer Stelle vorgesehen ist, an der die in nullter Ordnung an dem Gitter reflektierte Strahlung auf den ersten Spiegel fällt, weiter ein zweiter Spiegel an einer Stelle vorgesehen ist, an der die in nullter Ordnung an dem Gitter reflektierte Strahlung von dem ersten Spiegel auf den zweiten Spiegel fällt, wobei der zweite Spiegel so ausgerichtet ist, dass die an dem zweiten Spiegel reflektierte Strahlung unter einem zweiten Einfallswinkel auf das Gitter fällt, und wenigstens eine Blende vorgesehen ist, die in den optischen Pfad zwischen dem Gitter, dem ersten Spiegel, dem zweiten Spiegel und dem Gitter zur wahlweisen Unterbrechung dieses Pfades einschaltbar ist, kann am Ort der Detektoren entweder ein Spektrum basierend auf dem ersten Einfallswinkel oder zwei sich überlagernde Spektren basierend auf dem ersten Einfallswinkel und auf dem zweiten Einfallswinkel erzeugt werden. Die Auflösung dieser beiden Teilspektren ist nach der Gittergleichung von der Strichzahl des Gitters abhängig. Wenn das gesamte

Spektrum kontinuierlich auf die Detektoren abgebildet werden soll, ist die Strichzahl und damit die Auflösung begrenzt. Da das Spektrum nach dieser Erfindung in zwei Teilspektren aufgeteilt werden kann, kann ein Gitter mit höherer Strichzahl verwendet werden, was eine höhere Winkeldispersion bietet.

Wenn weiter ein Filter in den optischen Pfad zwischen dem Eintrittsspalt und dem Gitter einschaltbar ist, sobald die Blende ausgeschaltet ist, können in diesem Filter die Wellenlängen des Spektrums absorbiert werden, das unter dem ersten Einfallswinkel am Ort der Detektoren entsteht. Bei ausgeschalteter Blende und eingeschaltetem Filter fällt nur das Spektrum des zweiten Einfallswinkels auf die Detektoren.

Das zu messende Gesamtspektrum lässt sich auf diese Weise in zwei Teilabschnitte aufteilen, die nacheinander von den Detektoren gemessen werden. Die Winkeldispersion und somit die spektrale Auflösung in jedem der beiden Abschnitte kann wesentlich größer sein verglichen mit einer herkömmlichen Anordnung, bei der das Gesamtspektrum auf die Detektoren abgebildet werden muss.

Vorzugsweise wird $\alpha_2 > \alpha_1$ gewählt, da in diesem Falle das Filterelement ein einfaches Langpassfilter sein kann. Aus Gl. 1 geht hervor, dass mit $\alpha_2 > \alpha_1$ das zu α_1 gehörige Spektrum kurzwelliger als das zu α_2 gehörige Spektrum. Daher kann das zu α_1 gehörende Spektrum leicht durch ein Langpassfilter mit geeignet gewählter Filterkante unterdrückt werden. In Abhängigkeit von einer Steuerung werden entweder die Blende oder das Filter eingeschaltet und so das Spektrum automatisch umgeschaltet. Die Steuerung kann vorzugsweise auf ein gemeinsames Stellglied wirken.

Vorzugsweise ist die Quelle eine Funkenanregungsquelle oder eine Bogenanregungsquelle oder ein induktiv gekoppeltes Plasma (ICP).

Ein bewährter Aufbau ergibt sich, wenn das Gitter ein Konkavgitter ist, und das Gitter, der Eintrittsspalt und die Detektoren in Rowlandanordnung aufgestellt sind.

Schließlich können einer oder beide Spiegel mit fokussierenden Eigenschaften, beispielsweise als zylindrische oder sphärische Spiegel ausgeführt sein, um die Abbildungseigenschaften unter dem Einfallswinkel α zu verbessern.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1: den Strahlengang eines erfindungsgemäßen Spektrometers in einer ersten Betriebsart; sowie

Fig. 2: den Strahlengang des Spektrometers aus Fig. 1 in einer zweiten Betriebsart.

Die Figur 1 zeigt schematisch den Strahlengang und die Anordnung der optischen Komponenten eines erfindungsgemäßen Spektrometers in einer Draufsicht auf die Beugungsebene. Das Spektrometer weist eine Rowland-Anordnung auf, in der ein konkaves, reflektierendes Gitter 1 mit einem gegebenen Krümmungsradius R den Rowlandkreis mit dem Radius $\frac{1}{2} R$ und dem Mittelpunkt M bestimmt. Die Gitternormale N zeichnet die optische Symmetrieachse des Gitters 1 aus. Gegen die Gitternormale N werden die eingangs genannten Winkel α = Einfallswinkel und β = Beugungswinkel gemessen.

Auf dem Rowlandkreis sind ein Eintrittsspalt 2 sowie mehrere Detektoren 3, 4, 5 und 6 angeordnet. Die Detektoren 3 – 6 sind in diesem Ausführungsbeispiel als CCD-Zeilensensoren in linearer Anordnung ausgeführt.

Das Spektrometer weist weiter einen ersten Spiegel 7 und einen zweiten Spiegel 8 auf. Im Lichtweg zwischen dem ersten Spiegel 7 und dem zweiten Spiegel 8 ist eine schaltbare Blende 9 angeordnet, die den Lichtweg an dieser Stelle je nach Schaltstellung vollständig blockieren (wie in Figur 1 dargestellt ist) oder freigeben kann.

Weiter ist in dem Lichtweg zwischen dem Eintrittsspalt 2 und dem Gitter 1 ein schaltbares Filter 10 vorgesehen, das sich in einer ersten Schaltstellung wie in Figur 1 dargestellt vollständig außerhalb des Lichtwegs befindet und in einer zweiten Schaltstellung innerhalb des Lichtwegs befindet. Das Filter 10 ist ein

Langpassfilter, das alle Wellenlängen passieren lässt, die größer als eine bestimmte Wellenlänge sind, und alle Wellenlängen absorbiert, die kleiner als die bestimmte Wellenlänge sind.

Der Lichtweg der zu analysierenden Strahlung einer Quelle 11 von dem Eintrittsspalt 2 verläuft in Figur 1 also unter dem Winkel α_1 zur Gitternormalen N bis zu dem Gitter 1. Hier wird ein Teil in nullter Ordnung unter dem Winkel $-\alpha_1$ zu dem ersten Spiegel 7 reflektiert, von dort aus in Richtung auf den zweiten Spiegel 8, der Teil nullter Ordnung wird aber an der Blende 9 vollständig absorbiert.

Ein anderer Teil der Strahlung wird an dem Gitter 1 in erster Ordnung gebeugt und unter dem wellenlängenabhängigen Winkel β_1 spektral zerlegt und trifft dann auf die Sensoren 3 – 6, die auf dem Rowlandkreis angeordnet sind und auf denen in bekannter Weise Bilder des Eintrittsspalt in den verschiedenen Wellenlängen entstehen.

Der Wellenlängenbereich, der in der Anordnung aus Figur 1 auf die Detektoren 3 – 6 fällt, ist nicht der gesamte zu analysierende Wellenlängenbereich von UV bis rot, sondern nur der kurzwellige Teil, beispielsweise von 150 nm bis 350 nm.

Die Figur 2 zeigt die Anordnung aus Figur 1 in einer anderen Schaltstellung. Hier ist die schaltbare Blende 9 aus dem Lichtweg heraus gefahren, so dass der Weg zwischen dem ersten Spiegel 7 und dem zweiten Spiegel 8 frei ist. Außerdem ist das Filter 10 in den Lichtweg hinein gefahren, so dass nur der langwellige Teil der von der Quelle 11 ausgehenden Strahlung den Lichtweg von dem Eintrittsspalt 2 zu dem Gitter 1 passieren kann. der kurzwellige Teil des Spektrums wird absorbiert.

Die Strahlung tritt in der Stellung aus Figur 2 also von der Quelle 11 durch den Eintrittsspalt 2 und wird in dem Filter 10 gefiltert. Der langwellige Teil fällt dann unter dem Winkel α_1 auf das Gitter 1. Da der Beugungswinkel β wellenlängenabhängig ist, wird der langwellige Teil der Strahlung zwar in erster Ordnung gebeugt, liegt aber außerhalb des Bereichs, den die Detektoren 3 – 6 erfassen. Der langwellige Teil wird aber auch unter dem

Winkel α_1 in nullter Ordnung ohne Dispersion an dem Gitter 1 reflektiert und auf den ersten Spiegel 7 gelenkt. Von dort aus wird der langwellige Teil dann zu dem zweiten Spiegel 8 reflektiert, der die Strahlung wieder auf das Gitter 1 zurück wirft, jedoch nun unter einem anderen Einfallswinkel α_2 , der in diesem Ausführungsbeispiel größer ist als α_1 .

Die unter dem Winkel α_2 auf das Gitter 1 fallende Strahlung wird in erster Ordnung gebeugt und fällt dann unter dem wellenlängenabhängigen Beugungswinkel β_2 auf die Detektoren 3 – 6. Dort liegt nun der langwellige Teil der Strahlung an, die von der Quelle 11 ausgeht. Das Spektrum, beispielsweise von 300 nm bis 800 nm kann nun erfasst werden. Das Filter 10 verhindert dabei, dass der kurzwellige Teil des Spektrums auf die Detektoren 3 – 6 fällt und das gewünschte Signal überlagert.

Wenn man bei der Messung einer Probe während einer Emission von Strahlung die Stellungen der Blende 9 und des Filters 10 umschaltet, können so einmal der kurzwellige Teil gemessen werden, wie in Fig. 1, und dann der langwellige Teil, wie in Fig. 2. Die Blende 9 und das Filter 10 werden zweckmäßig mit einem gemeinsamen Stellantrieb 12 simultan umgeschaltet.

Auf diese Weise kann ein ausgedehntes Spektrum mit einem Gitter und einer kompakten Detektoranordnung gemessen werden, und das mit einer spektralen Auflösung die ansonsten einen doppelt so großen Detektorbereich oder eine zweite dispersive Anordnung erfordern würde. Das so geschaffene Spektrometer kann deshalb bei hoher Auflösung leichter, kompakter und preisgünstiger sein.

Patentansprüche

1. Spektrometer für die optische Emissionsspektrometrie mit einer Strahlung aussendenden Quelle (11), einem Eintrittsspalt (2), einem Gitter (1) und Detektoren (3, 4, 5, 6), wobei im Betrieb die Strahlung von dem Eintrittsspalt (2) unter einem ersten Einfallswinkel (α_1) gegen eine Gitternormale (N) auf das Gitter (1) fällt,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - ein erster Spiegel (7) an einer Stelle vorgesehen ist, an der die in nullter Ordnung an dem Gitter (1) reflektierte Strahlung auf den ersten Spiegel (7) fällt,
 - ein zweiter Spiegel (8) an einer Stelle vorgesehen ist, an der die in nullter Ordnung an dem Gitter (1) reflektierte Strahlung von dem ersten Spiegel (7) auf den zweiten Spiegel (8) fällt,
 - wobei der zweite Spiegel (8) so ausgerichtet ist, dass die an dem zweiten Spiegel (8) reflektierte Strahlung unter einem zweiten Einfallswinkel (α_2) auf das Gitter (1) fällt,und dass wenigstens eine Blende (9) vorgesehen ist, die in den optischen Pfad zwischen dem Gitter (1), dem ersten Spiegel (7), dem zweiten Spiegel (8) und dem Gitter (1) zur wahlweisen Unterbrechung dieses Pfades einschaltbar ist.
2. Spektrometer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Filter (10) in den optischen Pfad zwischen dem Eintrittsspalt (2) und dem Gitter (1) wahlweise einschaltbar ist.
3. Spektrometer nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Filter (10) ein Langpassfilter ist.
4. Spektrometer nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Abhängigkeit von einer Steuerung entweder die Blende (9) oder das Filter (10) eingeschaltet ist.

5. Spektrometer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Quelle (11) eine Funkenanregungsquelle oder eine Bogenanregungsquelle oder ein induktiv gekoppeltes Plasma (ICP) ist.
6. Spektrometer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** gilt: $\alpha_2 > \alpha_1$.
7. Spektrometer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gitter (1) ein Konkavgitter ist, und dass das Gitter (1), der Eintrittsspalt (2) und die Detektoren (3, 4, 5, 6) in Rowlandanordnung aufgestellt sind.
8. Spektrometer nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Summe der Abstände zwischen dem Gitter (1) und dem Spiegel (7), zwischen dem Spiegel (7) und dem Spiegel (8) sowie dem Spiegel (8) und dem Gitter (1) den Wert $R \cdot [\cos(\alpha_1) + \cos(\alpha_2)]$ annimmt.
9. Spektrometer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der Spiegel (7, 8) eine gekrümmte Oberfläche besitzt.

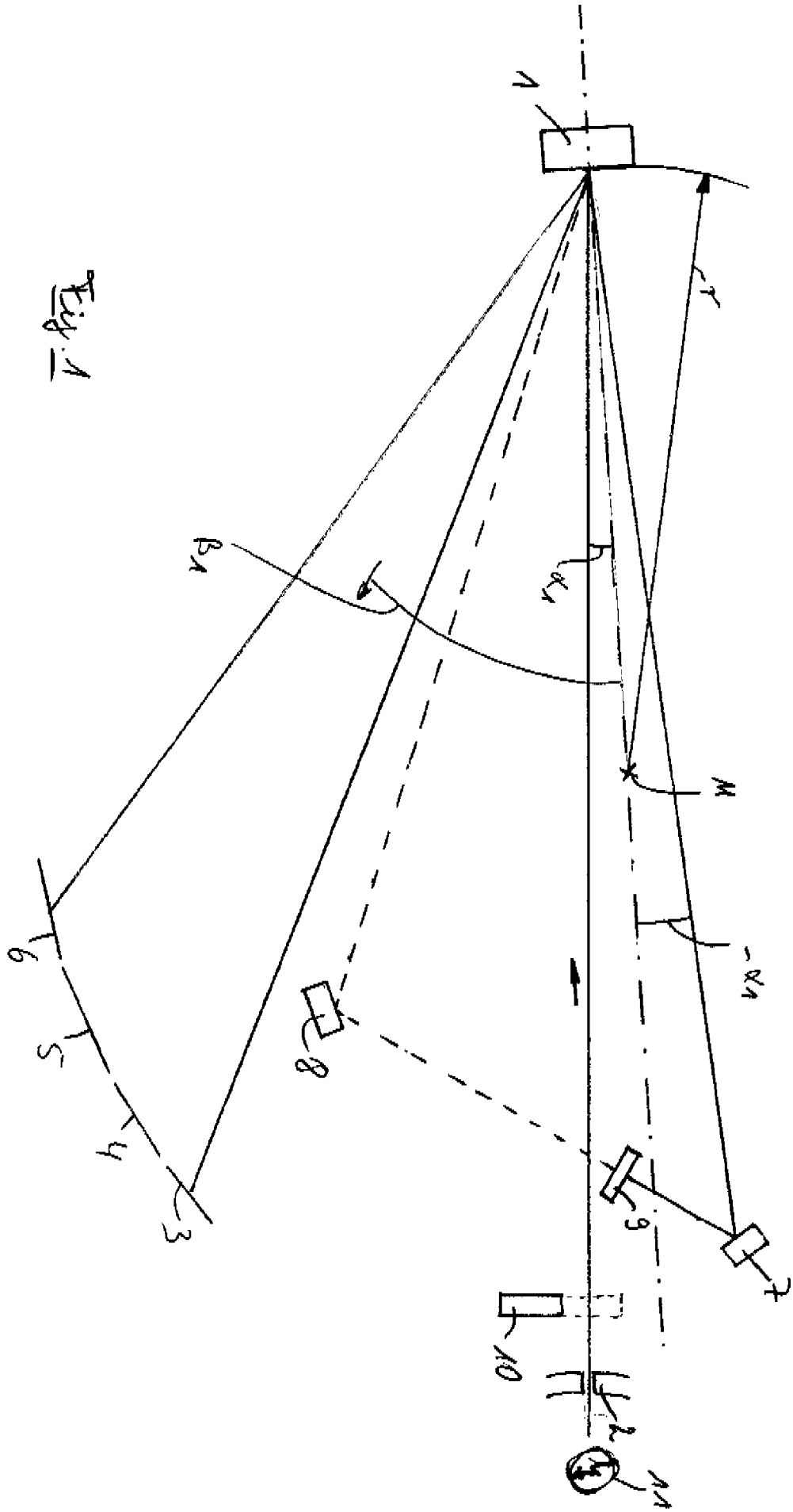
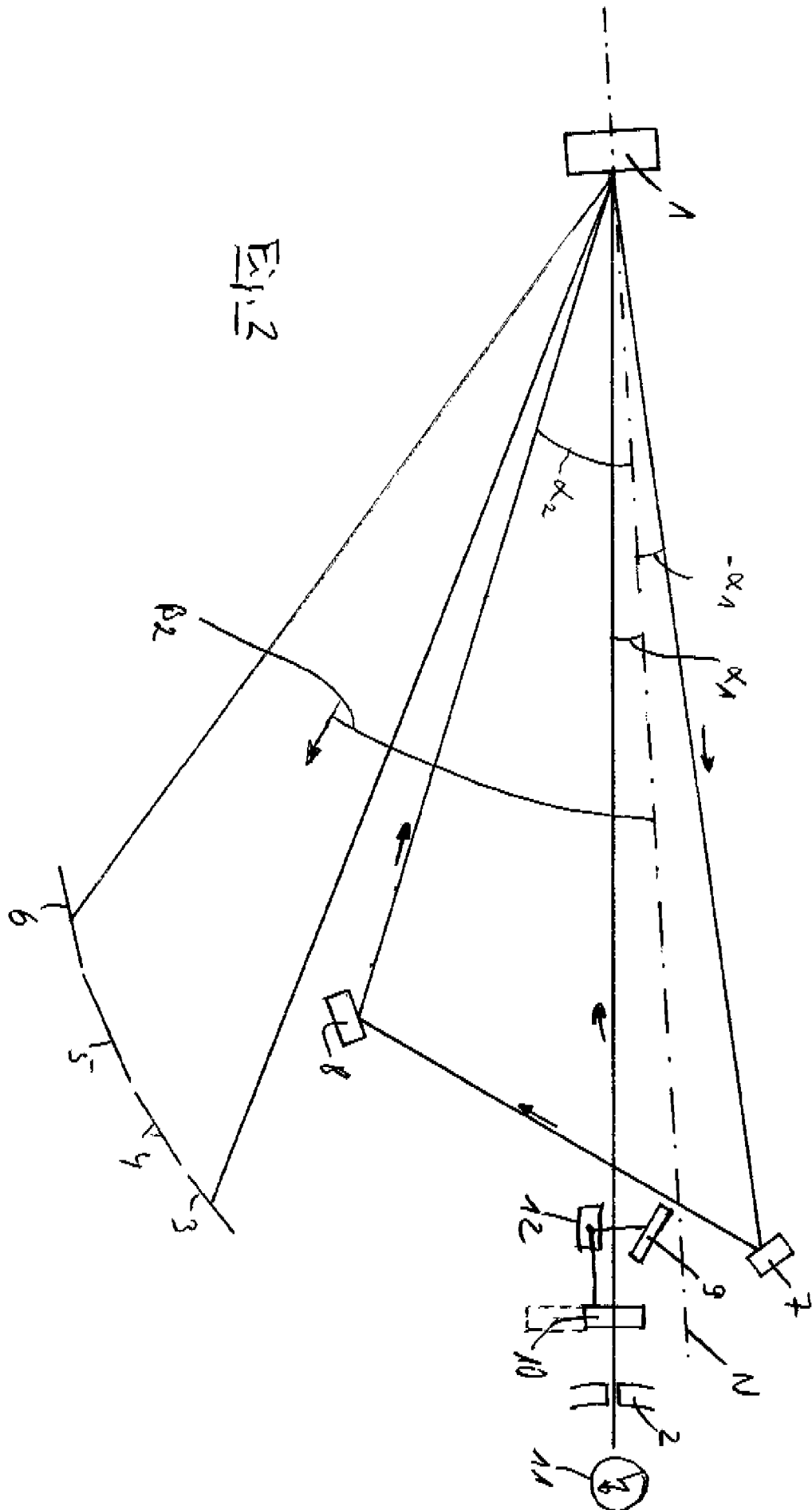


Fig. 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/079059

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV. G01J3/02	G01J3/18	G01J3/20 G01J3/32 G01J3/08
ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2011 232032 A (OLYMPUS CORP) 17 November 2011 (2011-11-17)	1,6,8
Y	figure 10A	1,7-9
A	paragraph [0117]	4

X	EP 1 845 349 A1 (ZEISS CARL MICROIMAGING GMBH [DE]) 17 October 2007 (2007-10-17)	1-3,5,8
Y	figures 2, 9	1,7-9
A		4

Y	GB 765 441 A (WILLIAM GEORGE FASTIE; WILLIAM MERRY SINTON) 9 January 1957 (1957-01-09)	1,7,8
A	figure 2	4

A	JP S57 111422 A (SHIMADZU CORP) 10 July 1982 (1982-07-10)	4
	figure 1	

	-/-	
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
8 July 2015		20/07/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Parise, Berengere

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/079059

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 198 53 754 B4 (SPECTRO ANALYTICAL INSTR GMBH [DE]) 10 June 2009 (2009-06-10) the whole document -----	4
A	WO 95/32408 A1 (RENISHAW PLC [GB]; SMITH BRIAN JOHN EDWARD [GB]; BATCHELDER DAVID NEVI) 30 November 1995 (1995-11-30) figure 5 -----	4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/079059

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2011232032 A	17-11-2011	JP 5567887 B2 JP 2011232032 A	06-08-2014 17-11-2011
EP 1845349 A1	17-10-2007	AT 395580 T DE 102006017705 A1 EP 1845349 A1 JP 5189777 B2 JP 2007286043 A US 2007242268 A1	15-05-2008 18-10-2007 17-10-2007 24-04-2013 01-11-2007 18-10-2007
GB 765441 A	09-01-1957	NONE	
JP S57111422 A	10-07-1982	JP S634650 B2 JP S57111422 A	29-01-1988 10-07-1982
DE 19853754 B4	10-06-2009	DE 19853754 A1 FR 2786271 A1 JP 2000171300 A US 6614528 B1	25-05-2000 26-05-2000 23-06-2000 02-09-2003
WO 9532408 A1	30-11-1995	DE 69514485 D1 DE 69514485 T2 EP 0711408 A1 JP 3660680 B2 JP H09500970 A US 5638173 A WO 9532408 A1 ZA 9504234 A	17-02-2000 24-08-2000 15-05-1996 15-06-2005 28-01-1997 10-06-1997 30-11-1995 22-01-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/079059

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01J3/02 G01J3/18 G01J3/20 G01J3/32 G01J3/08 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01J		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2011 232032 A (OLYMPUS CORP) 17. November 2011 (2011-11-17)	1,6,8
Y	Abbildung 10A	1,7-9
A	Absatz [0117] -----	4
X	EP 1 845 349 A1 (ZEISS CARL MICROIMAGING GMBH [DE]) 17. Oktober 2007 (2007-10-17)	1-3,5,8
Y	Abbildungen 2, 9	1,7-9
A	-----	4
Y	GB 765 441 A (WILLIAM GEORGE FASTIE; WILLIAM MERRY SINTON) 9. Januar 1957 (1957-01-09)	1,7,8
A	Abbildung 2 -----	4
A	JP S57 111422 A (SHIMADZU CORP) 10. Juli 1982 (1982-07-10) Abbildung 1 -----	4
-/-		
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 8. Juli 2015	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 20/07/2015	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Parise, Berengere	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 198 53 754 B4 (SPECTRO ANALYTICAL INSTR GMBH [DE]) 10. Juni 2009 (2009-06-10) das ganze Dokument -----	4
A	WO 95/32408 A1 (RENISHAW PLC [GB]; SMITH BRIAN JOHN EDWARD [GB]; BATCHELDER DAVID NEVI) 30. November 1995 (1995-11-30) Abbildung 5 -----	4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/079059

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2011232032 A	17-11-2011	JP 5567887 B2	06-08-2014
		JP 2011232032 A	17-11-2011
EP 1845349 A1	17-10-2007	AT 395580 T	15-05-2008
		DE 102006017705 A1	18-10-2007
		EP 1845349 A1	17-10-2007
		JP 5189777 B2	24-04-2013
		JP 2007286043 A	01-11-2007
		US 2007242268 A1	18-10-2007
GB 765441 A	09-01-1957	KEINE	
JP S57111422 A	10-07-1982	JP S634650 B2	29-01-1988
		JP S57111422 A	10-07-1982
DE 19853754 B4	10-06-2009	DE 19853754 A1	25-05-2000
		FR 2786271 A1	26-05-2000
		JP 2000171300 A	23-06-2000
		US 6614528 B1	02-09-2003
WO 9532408 A1	30-11-1995	DE 69514485 D1	17-02-2000
		DE 69514485 T2	24-08-2000
		EP 0711408 A1	15-05-1996
		JP 3660680 B2	15-06-2005
		JP H09500970 A	28-01-1997
		US 5638173 A	10-06-1997
		WO 9532408 A1	30-11-1995
		ZA 9504234 A	22-01-1996